

## **Participación en el proyecto Symbcity para la competición internacional Solardecathlon 2014.**

Francisco Javier Castilla\*, José Luis Serrano\*, Jesús Alfaro\*, Víctor Pérez\*, Antonio Baño\*\* y Fernando Estirado\*\*

**Resumen** La Universidad de Castilla-La Mancha junto con la Universidad de Alcalá de Henares presentaron en diciembre de 2012 una candidatura para participar en la competición de diseño y construcción de viviendas de consumo energético casi nulo "Solar Decathlon" Europe 2014. La propuesta fue seleccionada junto con otras 19 del resto del mundo para participar conjuntamente, bajo el nombre de "Plateau Team", en este evento. El desarrollo de la propuesta conlleva una gran cantidad de tareas además de construir un prototipo, ya que consiste en actuar en edificios existentes de modo que, aumentando el volumen del edificio por las fachadas y la cubierta se consigan nuevos espacios vivideros y aprovechables, que hagan crecer la densidad de las ciudades, sin ocupar nuevo suelo, a la vez que mejoran la eficiencia energética de los edificios a los que se adaptan. Dadas las características de la propuesta, no se tratan soluciones constructivas ni materiales convencionales, sino que se tienen en cuenta factores como la sostenibilidad, el impacto medioambiental, el Análisis de Ciclo de Vida, la rapidez y sencillez en la ejecución y montaje, posibilidades de prefabricación y otros parámetros que dotan a la propuesta de un carácter innovador. Los resultados obtenidos han sido muy satisfactorios, tanto desde el punto de vista académico como de la propia competición, donde el prototipo "Symbcity" logró demostrar su eficiencia energética y su capacidad de mantener condiciones de confort con un mínimo consumo energético.

---

\*Departamento de Ingeniería Civil y de la Edificación. Escuela Politécnica de Cuenca, Campus Universitario s/n, 16071 Cuenca, Spain, [FcoJavier.Castilla@uclm.es](mailto:FcoJavier.Castilla@uclm.es), [JoseLuis.Serrano@uclm.es](mailto:JoseLuis.Serrano@uclm.es), [Jesus.Alfaro@uclm.es](mailto:Jesus.Alfaro@uclm.es) y [Victor.Perez@uclm.es](mailto:Victor.Perez@uclm.es)

\*\*Departamento de Arquitectura. Universidad de Alcalá. Alcalá de Henares, Spain, [antonio.banno@uah.es](mailto:antonio.banno@uah.es) y [fernando.estirado@uah.es](mailto:fernando.estirado@uah.es)

## **Introducción. La competición SOLAR DECATHLON**

Solar Decathlon Europe (SDE) es una competición universitaria internacional que impulsa la investigación en el desarrollo de viviendas eficientes y de bajo consumo energético basadas en la energía solar. El objetivo de los equipos participantes es el diseño y construcción de casas que consuman la menor cantidad de recursos naturales, produzcan un mínimo de residuos durante su ciclo de vida y reduzcan la demanda y el consumo de energía, obteniendo el máximo posible a partir del sol.



Durante la fase final de la competición cada equipo ha de construir su prototipo en un recinto abierto al público denominado Villa Solar, donde todas ellas pueden ser

visitadas, a la vez que se enfrentan a las diez pruebas (de ahí el nombre de "decathlon") que determinan cuál es la ganadora de la edición. Cada uno de estos equipos procede de una o más universidades, con la colaboración económica y técnica de instituciones y empresas. El protagonismo durante todo el proceso, desde el inicio del diseño a la última fase del concurso recae sobre los estudiantes, conocidos como "decathlets", tutelados por profesores, "Faculty Advisors".

La organización del evento tiene una doble finalidad formativa y científica: los decathlets aprenden a trabajar en equipos multidisciplinares, que se enfrentan a los retos que plantea el futuro de la edificación, desarrollando soluciones innovadoras. El público comprueba y toma conciencia de las posibilidades reales de aunar una disminución del impacto medioambiental, con el mantenimiento del confort y calidad del diseño en sus hogares, y para los profesionales supone un muestrario de soluciones constructivas poco convencionales que pueden estudiar y aplicar posteriormente. Además, los voluntarios, generalmente estudiantes universitarios, imprescindibles para la realización de SDE, tienen la oportunidad de intercambiar experiencias con los equipos y crecer profesionalmente a través de su trabajo durante la competición. Por su parte, las universidades, empresas y organismos públicos acceden a un nuevo modo de colaboración, evaluando nuevas soluciones constructivas

en condiciones reales, para llevarlos más adelante al mercado, o perfeccionando y aplicando de forma creativa productos existentes.

## **Las 10 pruebas**

La competición se divide en las siguientes pruebas. Algunas de ellas son evaluadas por un jurado y otras mediante monitorización o realización de tareas.

1. <i>Arquitectura</i>	– Jurado – 120 puntos
2. <i>Ingeniería y Construcción</i>	– Jurado – 80 puntos
3. <i>Eficiencia Energética</i>	– Jurado – 80 puntos
4. <i>Balance de Energía Eléctrica</i>	– Monitor. –120 puntos
5. <i>Condiciones de Confort</i>	– Monitor.-test –120 puntos
6. <i>Funcionamiento de la Casa</i>	– Monit.-tareas –120 puntos
7. <i>Comunicación y Conciencia Social</i>	– Jurado – 80 puntos
8. <i>Diseño Urbano, Transporte y Asequibilidad</i>	– Jurado – 120 puntos
9. <i>Innovación</i>	– Jurado – 80 puntos
10. <i>Sostenibilidad</i>	– Jurado – 80 puntos

## **El equipo. PLATEAU TEAM.**

Plateau Team está formado por un grupo de 40 estudiantes de la Universidad de Alcalá de Henares y la Universidad de Castilla-La Mancha. Se trata de un equipo multidisciplinar especializado en diferentes áreas como Arquitectura, Ingeniería de Edificación e Ingeniería Industrial, creando así el ambiente perfecto para el desarrollo del proyecto (Fig. 1).

Para fomentar la participación y creación del equipo, se estableció por parte de los profesores un primer periodo de presentación libre de propuestas, en las que cada alumno, o grupo de ellos, de cualquier escuela expusiese su visión del proyecto. La organización de la competición proponía los puntos básicos sobre los que giraría la edición de 2014 y sobre los que los estudiantes deberían enfocar sus planteamientos, entre ellos la capacidad de adecuación al contexto socioeconómico local. De este experimento, los profesores involucrados, ejerciendo su labor de guías, seleccionaron las propuestas que tenían la suficiente fuerza para

conseguir formalizar una candidatura adecuada a las exigencias de la competición.



Figura 1. Grupo de estudiantes y profesores integrantes de Plateau Team en una de las convivencias de trabajo. Alcalá de Henares. Mayo 2013.

En la candidatura debían desarrollarse los aspectos más importantes sobre los que iba a tratar el proyecto: Objetivos, diseño e innovación, capacidad de financiación, integración en la formación de los estudiantes, organización y planificación y comunicación del proyecto. La propuesta de Plateau Team cumplió los requisitos necesarios para ser uno de los 20 equipos candidatos a participar en Solar Decathlon Europe 2014. Así es como se puso la primera piedra del proyecto llamado Symbcity.

## **El proyecto. SYMBCITY.**

### ***Contexto urbano. La rehabilitación de edificios***

De los análisis urbanísticos realizados hasta ahora, es conocida la situación de la edificación existente y la necesidad de mejorarla para adaptarla a las exigencias europeas del 2020. Es por ello, por lo que se plantea la necesidad de creación de una metodología que permita afrontar la

regeneración urbana integrada, incluyendo análisis urbanos, sociales, técnicos y económicos. El problema depende de una amplia variedad de factores, desde lo social a lo técnico, pero los más importantes son la viabilidad de las operaciones a gran escala y la conciencia social sobre la importancia de la reutilización y transformación de nuestros viejos edificios. Este enfoque ha sido planteado en relación a nuestro contexto local, centrándonos en los edificios y los grupos sociales que más necesitan las operaciones de reacondicionamiento y ahorro de energía, en nuestro caso, el gran parque de viviendas construido a partir de la década de 1950 y hasta los años 80, que necesita operaciones de reforma urgente.

El concepto de "Symbcity" se basa en la posibilidad de compartir energías entre lo que la ciudad existente tiene que ofrecer y lo que las nuevas viviendas sostenibles pueden conseguir con el fin de ayudar a detener la destrucción de nuestro medio ambiente.

Esta idea surge desde la trasposición del concepto "SIMBIOSIS" a la ciudad, evidenciando la necesidad que tiene la ciudad actual de recurrir a soluciones imaginativas que permitan reponer el valor perdido de nuestra edificación, en base a las actuales exigencias de confort, habitabilidad y sostenibilidad. El organismo (edificio) "huésped" proporciona tecnología actual, la posibilidad de adaptación a nuevos tiempos. El "anfitrión", aporta un suelo urbano amortizado y un entorno urbano consolidado. Este concepto ha sido desarrollado para resolver un verdadero desafío para nuestras ciudades: para iniciar la reforma energética total de las obsoletas viviendas de las ciudades españolas, convirtiéndose en una alternativa económica y socialmente "sensible" para la industria de la construcción. De esta manera, la transformación de nuestras ciudades puede convertirse en una realidad mediante acciones individuales, convirtiéndose paso a paso en una verdadera alternativa para nuestro futuro.

## **SymbCity**

Se propone la "colonización" de las cubiertas de los edificios "Anfitrión" mediante la construcción de un nivel superior, implantando una amplia variedad de usos, desde instalaciones públicas a viviendas, en las que Plateau Team centra su investigación. La venta de éste suelo urbano adicional ayuda a financiar una operación de rehabilitación global del edificio, creando de esta manera un beneficio mutuo entre las viviendas "Anfitrión" (existentes) y las viviendas "Huésped" (nuevas). Esta relación

simbiótica guía todo el proyecto, desde la economía hasta los principios constructivos y la manera de compartir la energía y los equipamientos. Las nuevas viviendas huéspedes serán construcciones de consumo energético casi nulo mientras que las viviendas de los edificios anfitriones conseguirán al menos una certificación energética B, mediante la renovación de su envolvente térmica y sus instalaciones. La accesibilidad, un tema principal para los usuarios de este tipo de edificios, se mejora gracias a la incorporación de nuevos núcleos de escaleras y ascensores o la renovación de los existentes.

Symbcity comienza con la construcción de una estructura de madera independiente al edificio existente por el exterior, que puede anclarse a la estructura existente o apoyarse en el suelo con una cimentación independiente. El sistema estructural generado permite ampliar las viviendas existentes creciendo éstas 1 metro hacia el exterior en la fachada con orientación más favorable, aumentando la superficie de la vivienda y creando un espacio habitable entre la nueva fachada y la existente donde se pueden generar ganancias solares, reduciendo el consumo de calefacción en invierno. La figura 2 muestra un modelo virtual de aplicación de esta operación.



Figura 2. Imagen de la propuesta aplicada a uno de los edificios en un barrio tipo de viviendas de los años 60. (Fuente Plateau Team)

El resto de la envolvente se mejora mediante sistemas convencionales de aislamiento o sustitución de ventanas, y las instalaciones de captación solar se colocan en la cubierta del nuevo nivel de viviendas.

Las nuevas viviendas siguen un patrón estandarizado, creando tres áreas diferenciadas que permitan su modificación independiente en cada caso según las necesidades. En la figura 3 se muestra una planta del prototipo con la identificación de los distintos espacios: la estancia principal, donde tienen lugar las actividades cotidianas, una segunda estancia multifuncional, que funciona como un patio o un invernadero según las estaciones, y un tercer espacio o el bloque técnico que contiene las instalaciones y cuartos húmedos. De esta manera, la vivienda puede ser fácilmente industrializada por partes.



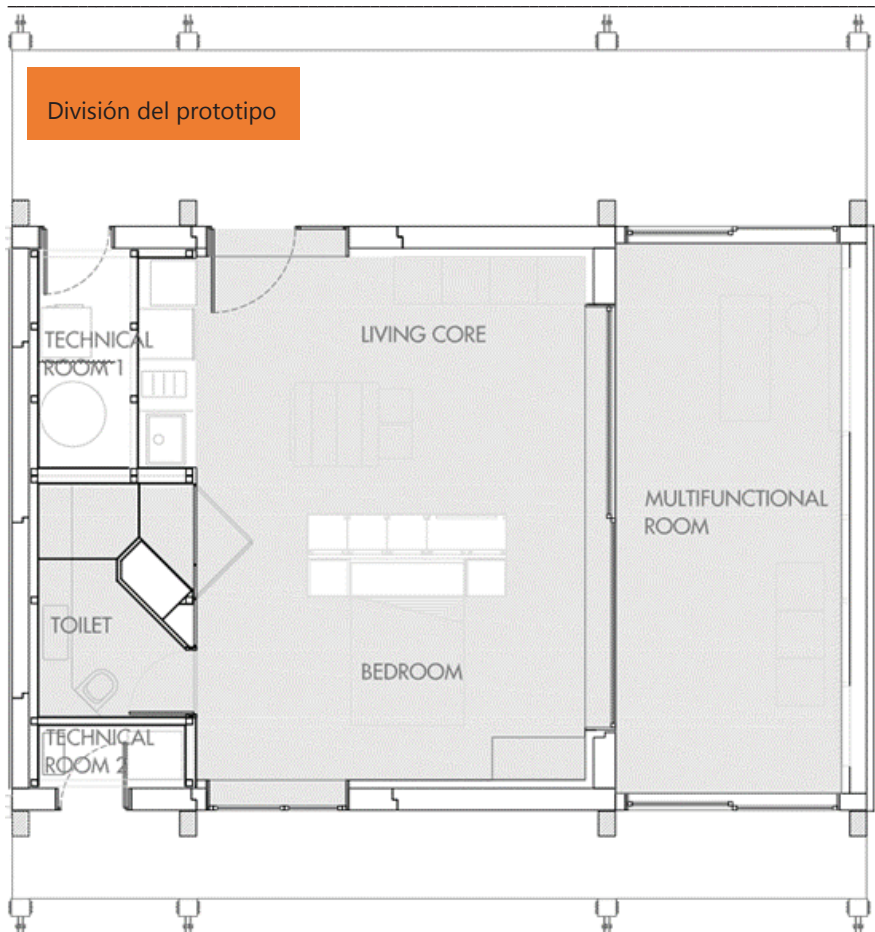


Figura 3. Planta de una de las viviendas prototipo con 10 m de fachada, donde se identifican los distintos espacios (Fuente Plateau Team)

El nivel adicional que se construye en la cubierta está colgando de la estructura de tirantes de madera sin apoyos intermedios, transmitiendo todas las cargas estructurales al suelo o la estructura existente sin sobrecargar la cubierta. Esta característica es especialmente importante para ejecutar un proceso de construcción que no interfiera con el uso del edificio, requiriendo para ello un sistema estructural flexible que se adapte a las condiciones particulares de cada caso. El diseño de la vivienda tiene en cuenta principios bioclimáticos e incorpora elementos innovadores como acabados interiores de barro con materiales de cambio de fase, muros vegetales con elementos reciclados, y sistemas de ventilación mecánica con recuperación de calor, que minimizan la demanda de otras



fuentes de energía para la climatización. El principal reto de Symbcity es obtener del sol toda la energía demandada por las nuevas viviendas y generar un excedente para alimentar energéticamente a las viviendas del edificio existente, por lo que la cubierta incorpora en toda su superficie captadores solares térmicos y fotovoltaicos.

## **La competición. VERSALLES 2014.**

### ***Fase de proyecto***

Durante año y medio, desde la selección de los equipos participantes (diciembre 2012) al desarrollo de la competición propiamente dicha en Versailles (junio-julio, 2014) el trabajo realizado por nuestro equipo ha consistido en distintas tareas, como la difusión y concienciación social, la captación de fondos y patrocinios, y la materialización del prototipo de vivienda. La organización del concurso exigía la entrega periódica de documentación, cada tres meses, que debía reunir las condiciones mínimas para poder seguir adelante en la competición. Durante esta fase los estudiantes se repartieron el trabajo y las responsabilidades en grupos dirigidos por algún profesor, las reuniones por videoconferencia han sido el método de trabajo habitual y se han realizado varios talleres conjuntos en las distintas sedes (Alcalá de Henares, Cuenca y Albacete). La escuela politécnica de Cuenca, además de realizar las labores de difusión en el ámbito local, ha participado activamente en el diseño y ejecución de las instalaciones de agua y climatización de la vivienda, consistentes en un sistema de producción de agua caliente sanitaria y para climatización, mediante paneles solares, con suelo y techo radiante, apoyado por un sistema de aerotermia de alta eficiencia. También han sido los estudiantes de nuestra escuela los que han asumido la responsabilidad de controlar todas las cuestiones relacionadas con la seguridad y salud durante el proceso de construcción.

## Construcción

Los requisitos de la competición obligaban a la construcción de un prototipo de vivienda con dimensiones limitadas, en un solar de 20x20m, con posibilidad de ser visitada por el numeroso público asistente al evento, durante las tres semanas de exposición. La figura 4 muestra la parte seleccionada del edificio con una de las nuevas viviendas incorporada y su transposición al solar de la competición. Además era necesario realizar el montaje del mismo en 10 días y desmontarlo en 5, por lo que el prototipo, aparte de ilustrar la idea global de nuestro proyecto debía tener un alto grado de prefabricación, que permitiera su montaje previo en España, incluyendo la prefabricación de varios elementos en distintas localidades, su desmontaje, traslado y nuevo montaje en el lugar de competición, así como la operación inversa. Esto responde además a las condiciones reales de implantación de un sistema de este tipo en edificios existentes, donde las operaciones a realizar in situ deben ser las mínimas para garantizar la eficacia del proceso y el menor impacto posible durante la ejecución.

El sistema constructivo se basa en paneles de entramado de madera rellenos de aislamiento de espesores entre 15 y 20 cm, que conforman suelos, paredes y techos de la vivienda, para evitar la pérdida de energía

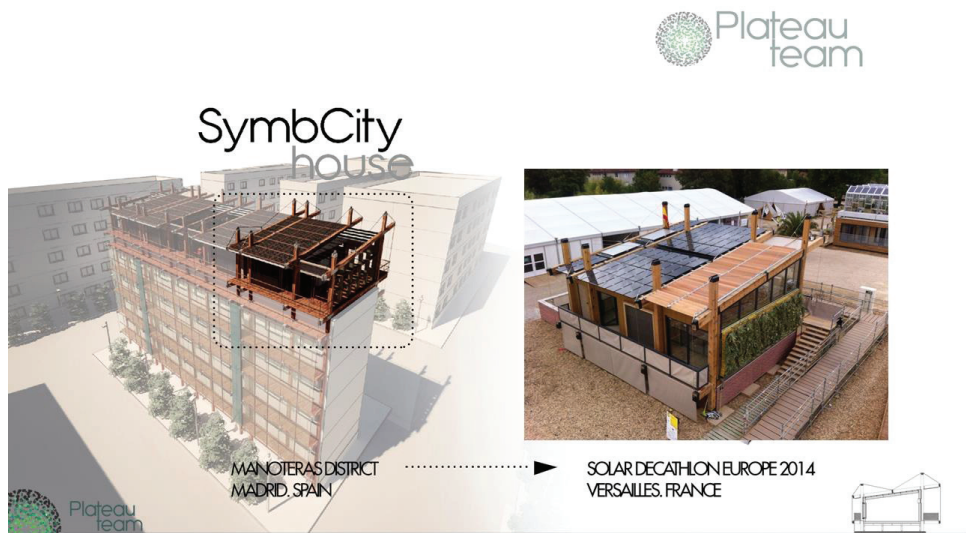


Figura 4. Imagen del edificio con la vivienda seleccionada para su construcción y del prototipo ya construido en la villa solar.

Estos paneles están contruïdos con madera contralaminada y bastidores y estructura interna de madera enteriza. Al mismo tiempo se incorporan materiales de cambio de fase<sup>4</sup> para conseguir mayor inercia y mantener una temperatura constante en la cara interior. Los marcos de las ventanas y vidrios tienen igualmente una transmitancia térmica muy baja. Las figuras 5 y 6 muestran imágenes de la vivienda terminada y el proceso de montaje de la misma en la villa solar.



Figura 5. Proceso de montaje del prototipo en la villa solar. Versailles, junio 2014.

---

<sup>4</sup> Ver trabajo recogido en esta misma publicación: “La recuperación de la tierra como material de construcción: tradición e innovación”.



Figura 6. Imagen del equipo junto al prototipo terminado en la villa solar. Versalles, junio 2014.

El módulo de instalaciones se fabrica en dos bloques independientes que se colocan en obra una vez ensamblados los cerramientos del edificio. Cada bloque alberga las instalaciones de maquinaria y cuadros eléctricos, realizándose en obra tan solo las conexiones con los otros módulos y las instalaciones de la cubierta.

## **Resultados**

Una experiencia de este tipo es una oportunidad inigualable para poder comprobar realmente el comportamiento de una construcción que se ha modelizado previamente, y de este modo contrastar los resultados obtenidos mediante simulaciones previas con los aportados por la monitorización, aunque sea durante las tres semanas de competición. En este sentido, el diseño de la vivienda ha cumplido en gran medida con las expectativas obteniendo muy buenos resultados en las pruebas de *eficiencia energética* y *condiciones de confort*. Las figuras 7 y 8 recogen la clasificación y resultados de estas pruebas.

En el primer caso, el equipo obtuvo un tercer puesto, tratándose de una prueba de evaluación por un jurado de expertos. El jurado valoró enormemente tanto la apuesta de rehabilitación de edificios completos como la sencillez y claridad en la utilización de las estrategias de diseño.

bioclimático. La incidencia solar es controlada cuidadosamente por aleros y lamas de protección orientables sobre la cubierta acristalada del invernadero. De esta manera se obtiene un buen equilibrio entre estrategias de ahorro energético activas y pasivas, logrando un consumo de energía casi nulo. El patio/invernadero es un espacio muy flexible que puede ser adaptado en función del cambio de estaciones. Se convierte en un lugar agradable en verano, comportándose como patio tradicional mediterráneo donde la protección solar, la ventilación y un jardín vertical refrescan el ambiente. Durante los meses de invierno la envolvente se cierra completamente, convirtiéndose en un espacio adicional calefactado de forma pasiva.

En lo referente a las condiciones de confort, la vivienda quedó clasificada en quinto lugar, tratándose de una prueba de monitorización de distintos parámetros, como temperatura, humedad y contaminación del aire interior, así como de la comprobación de niveles de iluminación y ruido. Las estrategias expuestas anteriormente permitieron mantener unas condiciones muy próximas a las de confort durante casi todo el tiempo, sin utilizar otros sistemas mecánicos de climatización que un ventilador para realizar renovaciones periódicas de aire. Igualmente la correcta disposición de huecos y permitió obtener la máxima puntuación en las mediciones de iluminación natural sin que esto repercutiera en ganancias solares y calentamiento excesivo del espacio interior.



Figura 7. Resultados de la prueba de eficiencia energética y gráfico obtenido de las simulaciones energéticas.

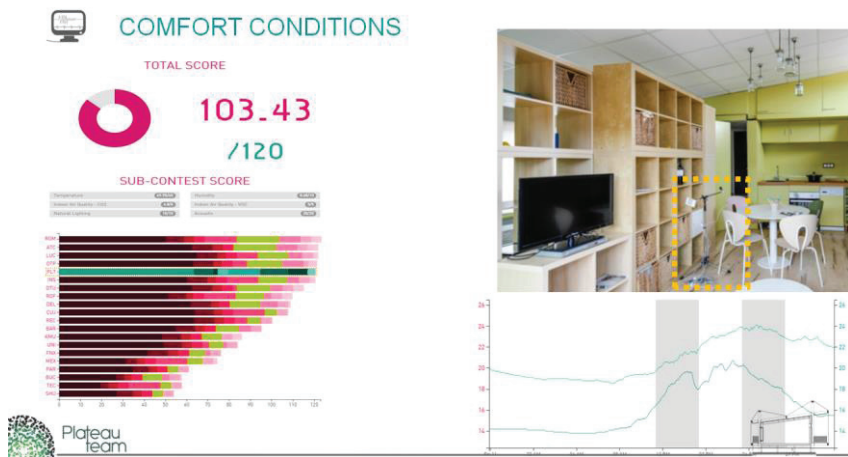


Figura 8. Resultado de la prueba de condiciones de confort y vista del interior de la vivienda y gráfico con la monitorización de temperaturas, interior y exterior.

La participación en el proyecto ha supuesto una oportunidad única para profesores y alumnos, que ha permitido involucrar a los estudiantes en el desarrollo sostenible de la edificación. La organización de la competición anima a vincular este trabajo, llevado a cabo por estudiantes, con sus actividades académicas, por lo que se han podido realizar varios trabajos de fin de grado relacionados con este proyecto: "Proyecto de investigación sobre los edificios existentes de castilla-la mancha y la comparación de dos tipos de intervención en el mismo edificio" (Elena Cuevas Gómez y Luis López López); "Estudio, propuesta y aplicación de estrategias pasivas para el proyecto symbcity" (Ángel Sanchez Inocencio); "Parametrización del prototipo 'SYMBCITY' en software BIM (ArchiCAD)" (Jesús Ángel Martínez Carpintero). El resto de alumnos del Grado en Ingeniería de Edificación de la Escuela Politécnica de Cuenca, participantes en el proyecto son: Alejandro Gil Graells, María José Martínez Gómez, Paloma Santos Gómez y Álvaro Tarancón Vinuesa.

Finalmente, hay que destacar el papel de un buen número de empresas y patrocinadores, sin cuya aportación este proyecto hubiera sido inviable y que consistía a su vez en uno de los objetivos del mismo, lograr la colaboración universidad-empresa, todos ellos aparecen incluidos en nuestra web oficial. [www.plateauteam.com](http://www.plateauteam.com), donde figuran además el resto de miembros del equipo.

## **Referencias**

<https://www.facebook.com/photo.php?v=10152292105281336&l=1858260490011084930>

Video del proceso de montaje del prototipo Symbcity

<https://www.thesphere.com/417332>

Visita virtual al interior de la vivienda

<https://www.youtube.com/watch?v=nPq0apvt1uo>

Video explicativo de la propuesta de Plateau Team

<https://www.facebook.com/PlateauTeam>

Actividades realizadas durante el desarrollo de todo el proyecto e información de eventos organizados o en los que se ha participado.

<http://www.solardecathlon2014.fr/en/documentation>

Resultados de la competición, y documentación técnica completa del proyecto Symbcity y resto de equipos y proyectos participantes.



